



520.43257X00

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

Applicant(s): R. ARAI, et al.

Serial No.: 10/699,737

Filed: November 4, 2003

Title: PERPENDICULAR MAGNETIC RECORDING MEDIUM AND  
MAGNETIC RECORDING/REPRODUCING APPARATUS

**LETTER CLAIMING RIGHT OF PRIORITY**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

January 21, 2003

Sir:

Under the provisions of 35 USC 119 and 37 CFR 1.55, the applicant(s) hereby  
claim(s) the right of priority based on:

**Japanese Patent Application No. 2003-144260**  
**Filed: May 22, 2003**

A certified copy of said Japanese Patent Application is attached.

Respectfully submitted,

ANTONELLI, TERRY, STOUT & KRAUS, LLP

Melvin Kraus  
Registration No.: 22,466

MK/rr  
Attachment

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2 0 0 3 年 5 月 2 2 日

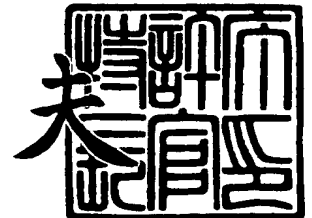
出 願 番 号  
Application Number: 特 願 2 0 0 3 - 1 4 4 2 6 0  
[ST. 10/C]: [ J P 2 0 0 3 - 1 4 4 2 6 0 ]

出 願 人  
Applicant(s): 株式会社日立製作所

2 0 0 3 年 1 1 月 7 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 9 2 1 9 5

【書類名】 特許願

【整理番号】 H03002011A

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G11B 5/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所中央研究所内

【氏名】 荒井 礼子

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所中央研究所内

【氏名】 棚橋 究

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所中央研究所内

【氏名】 菊川 敦

【特許出願人】

【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社 日立製作所

【代理人】

【識別番号】 100075096

【弁理士】

【氏名又は名称】 作田 康夫

【電話番号】 03-3212-1111

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013088

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 垂直磁気記録媒体及び磁気記録装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上に、軟磁性下地層、垂直記録層がこの順に積層された垂直磁気記録媒体において、

前記軟磁性下地層は、第 1 の軟磁性層と少なくとも反強磁性層を含む磁区制御層と第 2 の軟磁性層とを有し、

前記第 1 の軟磁性層の厚み  $d_1$  及び第 2 の軟磁性層の厚み  $d_2$  の比  $d_1 / d_2$  が、0.3 以上、1.5 以下であり、

基板の半径方向に磁界を印加して測定した前記軟磁性下地層の磁化曲線が磁界方向にシフトし、該磁化曲線から求まる軟磁性下地層の保磁力  $H_c$  が交換バイアス磁界（シフト量） $H_{ex}$  より小さいことを特徴とする垂直磁気記録媒体。

【請求項 2】

前記第 1 の軟磁性層にかかる交換バイアス磁界  $H_{ex1}$  と前記第 2 の軟磁性層にかかる交換バイアス磁界  $H_{ex2}$  とが異なる値を有することを特徴とする請求項 1 記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項 3】

前記反強磁性層の膜厚が 5 nm 以上、40 nm 以下であることを特徴とする請求項 1 記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項 4】

前記第 1 の軟磁性層及び第 2 の軟磁性層の少なくとも一方が結晶質であることを特徴とする請求項 1 記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項 5】

前記磁区制御層は強磁性層を有し、前記強磁性層は前記反強磁性膜と第 1 の軟磁性層及び／又は第 2 の軟磁性層との間に形成されることを特徴とする請求項 4 記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項 6】

前記第 1 の軟磁性層が非晶質であることを特徴とする請求項 1 記載の垂直磁気

記録媒体。

【請求項 7】

前記磁区制御層は、前記反強磁性層の磁化配向を制御する軟磁性配向層を有し、前記軟磁性配向層は、非晶質からなる前期第 1 の軟磁性層と反強磁性膜との間に形成されることを特徴とする請求項 6 記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項 8】

前記磁区制御層は強磁性層を有し、前記強磁性層は前記反強磁性膜と第 1 の軟磁性層及び／又は第 2 の軟磁性層との間に形成されることを特徴とする請求項 6 記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項 9】

第 1 の軟磁性層の厚み  $d_1$  及び第 2 の軟磁性層の厚み  $d_2$  は、いずれも 25 nm 以上、150 nm 以下であることを特徴とする請求項 1 記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項 10】

基板上に、軟磁性下地層、垂直記録層がこの順に積層された垂直磁気記録媒体において、

前記軟磁性下地層は、第 1 の軟磁性層と少なくとも反強磁性層を含む磁区制御層と第 2 の軟磁性層とを有し、

前記第 1 の軟磁性層の厚み  $d_1$  及び第 2 の軟磁性層の厚み  $d_2$  の比  $d_1 / d_2$  が、0.3 以上、1.5 以下であり、

前記磁区制御層はさらに強磁性層を有し、前記強磁性層は、前記反強磁性膜と第 1 の軟磁性層及び／又は第 2 の軟磁性層との間に形成されることを特徴とする垂直磁気記録媒体。

【請求項 11】

基板の半径方向に磁界を印加して測定した前記軟磁性下地層の磁化曲線が磁界方向にシフトし、該磁化曲線から求まる軟磁性下地層の保磁力  $H_c$  が交換バイアス磁界（シフト量） $H_{ex}$  より小さいことを特徴とする請求項 10 記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項 12】

第1の軟磁性層の厚み $d_1$ 及び第2の軟磁性層の厚み $d_2$ は、いずれも25nm以上、150nm以下であることを特徴とする請求項10記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項13】

請求項1から12のいずれかに記載の垂直磁気記録媒体と、該垂直磁気記録媒体を記録方向に駆動する駆動部と、再生部と記録部とを備えた磁気ヘッドと、該磁気ヘッドを前記磁気記録媒体に対して相対運動させる手段と、前記磁気ヘッドの信号入力と、該磁気ヘッドからの出力信号再生を行うための記録再生処理手段を有し、前記磁気ヘッドの再生部が磁気抵抗効果もしくはトンネル磁気抵抗効果を利用した高感度素子で構成されたことを特徴とする磁気記録装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、垂直磁気記録媒体及び磁気記録装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年、磁気ディスク装置の面記録密度は、年率約100%の伸び率で拡大している。ところが、面記録密度が高まるにつれ、磁氣的に記録したデータが周囲の熱によって消えてしまうという、いわゆる熱揺らぎの問題が顕在化し始め、従来の面内記録方式では1平方センチあたり7.75ギガビットを超える面記録密度を達成することは難しいと考えられている。

【0003】

一方、垂直記録方式は面内記録方式と異なり、線記録密度を上げるほど隣接ビット間に働く反磁界が減少し、記録磁化が安定に保たれる特性を持つ。さらに垂直記録層の下に高い透磁率を有する軟磁性下地層を設けることにより、高いヘッド磁界が得られるため、垂直記録層の保磁力を大きくすることができる。こうした理由により、垂直記録方式は面内記録方式の熱揺らぎ限界を超える有力な手段の一つとして考えられている。

【0004】

垂直記録方式では、軟磁性下地層と垂直記録層から構成される二層垂直記録媒体と単磁極型ヘッドの組合せが高密度記録を実現する上で有効である。しかしながら、二層垂直記録媒体は飽和磁束密度（ $B_s$ ）の高い軟磁性層を有するため、軟磁性下地層の磁壁から発生する漏洩磁束がスパイク状のノイズとして観測されたり、隣接するトラックで記録動作を行うと再生出力が減少する近隣消去問題や、外部の浮遊磁界に対し再生出力が減少する外部浮遊磁界耐性問題が指摘されている。

#### 【0 0 0 5】

こうした問題を解決する手段として、例えば特開平 7 - 1 2 9 9 4 6 号公報（文献 1）、特開平 1 1 - 1 9 1 2 1 7 号公報（文献 2）に開示されているように、軟磁性下地層と基板との間に硬磁性ピニング層を設け、軟磁性下地層の磁化を一方向に揃えることが提案されている。また、特開平 6 - 1 0 3 5 5 3 号公報（文献 3）に開示されているように、磁気スピンの揃えた反強磁性層との交換結合磁界により軟磁性下地層の磁壁移動を抑止する方法が提案されている。

#### 【0 0 0 6】

##### 【文献 1】

特開平 7 - 1 2 9 9 4 6 号公報

##### 【文献 2】

特開平 1 1 - 1 9 1 2 1 7 号公報

##### 【文献 3】

特開平 6 - 1 0 3 5 5 3 号公報

#### 【0 0 0 7】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、硬磁性ピニング層で軟磁性層の磁化を一方向に揃える方法は、ディスク基板の内周及び外周端部に逆方向の磁区が形成されやすく、その部分からスパイクノイズが観察される。また、反強磁性層により軟磁性下地層の磁壁を抑止する方法は、磁壁に起因するスパイクノイズを抑制することには効果があるが、基板内で異方性がつくために近隣消去を防止するには至らない。

#### 【0 0 0 8】



本発明は、上記課題を解決するためになされたものであり、再生出力の変動、記録層の磁化の減磁や消磁の発生を防止した、1平方センチあたり7.75ギガビット以上の記録密度で高い媒体S/Nを有する垂直磁気記録媒体を提供し、高密度磁気記録装置の実現を容易にすることを目的とする。

#### 【0009】

##### 【課題を解決するための手段】

上述の目的を達成するために、本発明に係る垂直磁気記録媒体及び磁気記録装置は、基板上に、軟磁性下地層、垂直記録層がこの順に積層された垂直磁気記録媒体において、前記軟磁性下地層は、第1の軟磁性層と少なくとも反強磁性層を含む磁区制御層と第2の軟磁性層とを有し、前記第1の軟磁性層の厚み $d_1$ 及び第2の軟磁性層の厚み $d_2$ の比 $d_1/d_2$ が、0.3以上、1.5以下である。

#### 【0010】

そして、基板の半径方向に磁界を印加して測定した前記軟磁性下地層の磁化曲線が磁界方向にシフトし、該磁化曲線から求まる軟磁性下地層の保磁力 $H_c$ が交換バイアス磁界（シフト量） $H_{ex}$ より小さいことを主な特徴とする。

#### 【0011】

また、前記磁区制御層はさらに強磁性層を有し、前記強磁性層は、前記反強磁性膜と第1の軟磁性層及び／又は第2の軟磁性層との間に形成されることを特徴とする。

#### 【0012】

以上のように構成される本発明に係る垂直磁気記録媒体及び磁気記録装置では、軟磁性下地層の磁区を制御し磁壁移動が抑制されており、再生出力の変動、記録層の磁化の減磁や消磁の発生が防止される。

#### 【0013】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明を適用した磁気記録媒体について詳細に説明する。

#### 【0014】

再生出力の変動及び記録層の磁化の減磁や消磁の発生を防止するには、磁気ディスク基板上に軟磁性下地層、垂直記録層を順次積層し、軟磁性下地層は反強磁

性層を含む磁区制御層が第1及び第2の二つの軟磁性層の間に配置された三層構造とし、前記第1及び第2の軟磁性層の膜厚をそれぞれ $d_1$ 、 $d_2$ とした時、 $d_1/d_2$ を0.3以上1.5以下とすることで達成される。

#### 【0015】

さらに、ディスク基板の半径方向に磁界を印加して測定した前記軟磁性下地層の磁化曲線のヒステリシスがゼロ磁界と交差しないこと、言い換えれば、磁化曲線が磁界方向にシフトし、該シフト量である交換バイアス磁界 ( $H_{ex}$ ) が、該磁化曲線から求まる保磁力 ( $H_c$ ) より大きいこと、また、前記交換バイアス磁界において、第1軟磁性層にかかる交換バイアス磁界を $H_{ex1}$ 、第2軟磁性層にかかる交換バイアス磁界を $H_{ex2}$ としたとき、 $H_{ex1}$ と $H_{ex2}$ とが異なる値を示すことがより有効であることを見出した。

#### 【0016】

反強磁性層には、膜形成時に第1及び第2軟磁性層との層間の交換結合が働くことが望ましく、具体的にはMnとIr、或いはRh、RhRu、Fe、を主成分とする不規則合金、もしくはCrとMnとPtを主成分とする不規則合金を用いることができる。一方、MnPt合金やNiMn合金などの不規則系反強磁性合金は、一般的に膜形成時には不規則な状態であり反強磁性を示さない。

#### 【0017】

第1及び第2軟磁性層との間で交換結合を働かせるためには、膜形成後、数時間オーダーの磁界中熱処理が必要となる。こうした工程は媒体製造プロセスを複雑にし、コストが増加するため望ましくない。膜厚は、5nm以上、40nm以下が望ましい。これは、5nmより薄い場合は軟磁性膜との交換結合が弱く、また40nmより厚い場合は、第1及び第2の二つの軟磁性膜間に働く静磁氣的相互作用が弱くなる為である。

#### 【0018】

また、反強磁性層と強い交換結合をもたせるために、前記反強磁性層の少なくとも一方に強磁性層を設けることが望ましく、具体的にはCoもしくはFeを主成分とする結晶質合金、或いはこれにTa、Hf、Nb、Zr、Si、B、C等を添加した非晶質材料を用いることができる。ただし、この強磁性層は磁気モー

メントの大きな軟磁性層を用いる場合には必ずしも必要ではない。

#### 【0 0 1 9】

第1及び第2の軟磁性層には、 $B_s$ が少なくとも1テスラ (T) 以上で、ヘッド走行方向に測定した保磁力が数Oe以下と低いものであれば、特に材料を限定するものではない。具体的には元素Co, Fe, Ni, Ta, Zr, Nb, Cu, Ti, Cr, Bのいずれかを含む2元合金、前記元素のいずれかを含む3元合金から選択される材料で、非晶質合金、或いは結晶質合金のいずれも用いることができる。

#### 【0 0 2 0】

また、Hex1とHex2の値を違える為に第1及び第2の軟磁性層に異なる材料を用いることも可能である。膜厚は、20nm以上で用いることにより保磁力を小さく制御でき、150nm以下で用いることによりスパイクノイズを抑制し、さらには浮遊磁界耐性を向上することができる。

#### 【0 0 2 1】

第1の軟磁性層が非晶質合金の場合には、反強磁性層の磁化配向を制御するために第1の軟磁性層と反強磁性層との間に軟磁性配向層を設ける必要がある。軟磁性配向層には、具体的にはNiもしくはFeを主成分とする結晶質合金、あるいはこれにTa、Hf、Nb、Zr、Si、B、C等を添加した材料を用いることができる。

#### 【0 0 2 2】

表1に軟磁性層の材料と磁区制御層の層構成をまとめたものを示す。第1の軟磁性層に結晶質合金を用いた場合には、第2の軟磁性層の材料によらず磁区制御層の層構成は①～④を用いることが可能であり、一方、第1の軟磁性層の材料に非晶質合金を用いた場合には、⑤～⑧の構成を用いることが可能である。

#### 【0 0 2 3】

【表 1】

表 1

第 2 の軟磁性層	結晶質	非晶質	非晶質	結晶質
磁区制御層	①～④	①～④	⑤～⑧	⑤～⑧
第 1 の軟磁性層	結晶質	結晶質	非晶質	非晶質

磁区制御層の種類 (下側は基板)	①	②	③	④
			強磁性層	強磁性層
	反強磁性層	反強磁性層	反強磁性層	反強磁性層
		強磁性層		強磁性層
	⑤	⑥	⑦	⑧
			強磁性層	強磁性層
	反強磁性層	反強磁性層	反強磁性層	反強磁性層
	軟磁性配向層	強磁性層	軟磁性配向層	強磁性層
		軟磁性配向層		軟磁性配向層

軟磁性下地層の磁区制御を目的とした磁界中熱処理は、軟磁性膜下地層を形成後、反強磁性層のブロック温度付近まで加熱し、ディスク基板半径方向に磁界を印加した状態で約 100℃以下まで冷却する。磁界の大きさは少なくとも軟磁性下地層の磁化が概ね飽和する必要がある、ディスク基板上で約 50 Oe以上の磁界が印加されていれば良い。冷却温度は、理想的には室温まで冷却することが望ましいが、媒体製造プロセス時間の短縮を考慮すると、100℃程度が現実である。

## 【0024】

磁界中熱処理を施した軟磁性下地層には、ディスク基板の半径方向を磁化容易軸とする一軸磁気異方性と、磁界の向きを磁化容易方向とする一方向異方性が付与される。例えば、磁界中冷却の磁界の向きがディスク半径に沿って、外周から内周に向いている場合には、ディスクの内周および外周の端部を除いて、軟磁性下地層の磁化は概ねディスクの中心に向く。

## 【0025】

この状態では、磁壁がディスクの端部に追いやられ、疑似単磁区状態であるため、データ領域のスパイクノイズを抑制することができる。こうした磁区制御された状態を実現するためには、ゼロ磁界で磁化が唯一の値を取ること、すなわち、磁化曲線のヒステリシスがゼロ磁界と交差しないことが必要である。言い換え

れば磁化曲線のシフト量である交換バイアス磁界 ( $H_{ex}$ ) を高くし、保磁力  $H_c$  を小さくする必要がある。

#### 【0026】

本発明の軟磁性下地層の磁化曲線は、図16に示すように基本的に基板半径方向に2つのシフト量をもつ2段ループになっている。これは第1の軟磁性層と磁区制御層とにかかる交換バイアス磁界と、第2の軟磁性層と磁区制御層とにかかる交換バイアス磁界の大きさが異なるためである。

#### 【0027】

本発明では、2つの軟磁性層の磁化方向は磁界ゼロの状態で図中(a)のように、反強磁性層の交換バイアスの作用により平行になっている。この磁化方向と逆向きに磁界を印加していくと、ある磁界の大きさに交換結合の弱い方の磁化が反転し始め、図中(b)のように2層の磁化状態は反平行となる。この状態では反強磁性層の交換バイアスの力と、2つの軟磁性層の静磁気的な力の両方が働いていると考える。さらに磁界を印加すると、交換結合の強い方の磁化が反転し始め、図中(c)のように逆向きに平行状態になる。本発明では2つの磁性層間の静磁気的な作用(b)により、交換バイアス磁界は従来の単層構造よりも大きくなるものとする。

#### 【0028】

垂直記録層は、軟磁性下地層上に中間層を介して形成することにより媒体ノイズが抑制される。中間層としては、非磁性であり、非晶質もしくは六方稠密格子(hcp)構造やfcc構造の合金、或いは酸化物層を用いることができる。中間層は単層膜でも良いが、例えば非晶質合金とhcp合金から構成される2層膜、もしくは酸化物層とfcc合金から構成される3層膜というような多層膜を用いることもできる。垂直記録層としては、CoCrPt合金、CoCrPtB合金等のhcp-Co合金や、CoCrPt-SiO<sub>2</sub>合金等のグラニューラー、Co/Pd多層膜、Co/Pt多層膜等を用いることができる。

#### 【0029】

垂直記録層の保護膜としてはカーボンを主体とする厚さ3nm以上、10nm以下の膜を形成し、さらにパーフルオロアルキルポリエーテル等の潤滑層を形成

することにより、信頼性の高い垂直記録媒体が得られる。

#### 【0030】

本発明の磁気記録装置は、前述した垂直記録媒体と、垂直磁気記録媒体を記録方向に駆動する駆動部と、再生部と記録部とを備えた磁気ヘッドと、前記磁気ヘッドを前記磁気記録媒体に対して相対運動させる手段と、前記磁気ヘッドの信号入力と、前記磁気ヘッドからの出力信号再生を行うための記録再生処理手段を有し、前記磁気ヘッドの再生部が磁気抵抗効果もしくはトンネル磁気抵抗効果を利用した高感度素子で構成する。これにより1平方センチあたり7.75ギガビット以上の記録密度で、高い信頼性を有する磁気記録装置を実現することができる。

#### 【0031】

以下、本発明を適用した垂直磁気記録媒体について、具体的な実施例に基づいて詳細に説明する。

#### 【0032】

##### (実施例1)

図1に本実施例の垂直記録媒体10の層構成を示す。基板11にはアルカリ洗浄した2.5センチ型のガラス基板を用い、基板11との密着性をあげるためのプリコート層12、第1の軟磁性層13、磁区制御層14、第2の軟磁性層15、中間層16、記録層17、保護層18をDCマグネトロンスパッタ法により順次積層した。磁区制御層14は図2に示すように第1の強磁性層21、反強磁性層22、第2の強磁性層23からなる3層構造とした。表2に各層に用いたターゲット組成と製膜時のArガス圧及び膜厚を示す。

#### 【0033】

【表 2】

表 2

	ターゲット組成	Ar ガス圧(Pa)	膜厚(nm)
プリコート層 12	Ni <sub>52.5</sub> Ta <sub>37.5</sub> Zr <sub>10</sub>	1	30
第 1 軟磁性層 13	Ni <sub>81</sub> Fe <sub>19</sub>	0.5	25-200
第 1 強磁性層 21	Co <sub>70</sub> Fe <sub>30</sub>	0.5	5
反強磁性層 22	Mn <sub>80</sub> Ir <sub>20</sub>	1	5-50
第 2 強磁性層 23、	Co <sub>70</sub> Fe <sub>30</sub>	0.5	5
第 2 軟磁性層 15	Ni <sub>81</sub> Fe <sub>19</sub>	0.5	25-200
中間層 16	Ni <sub>52.5</sub> Ta <sub>37.5</sub> Zr <sub>10</sub>	1	5
記録層 17	CoCr <sub>17</sub> Pt <sub>14</sub> B <sub>4</sub>	1	20
保護層 18	Carbon	1	5

基板 11 上にプリコート層 12 である NiTaZr、第 1 軟磁性層 13 である NiFe、第 1 強磁性層 21 である CoFe、反強磁性層 22 である MnIr、第 2 強磁性層 23 である CoFe、第 2 軟磁性層 15 である NiFe を順に形成し、軟磁性下地層を形成した後、ランプヒーターにより基板加熱を行った。この時の基板温度は約 200℃であった。次に中間層 16 である NiTaZr、記録層 17 である CoCrPtB を形成し、ランプヒーターにより再加熱を行った後、磁場中冷却を施した。

## 【0034】

再加熱時の基板温度は約 300℃で、冷却時の磁界の大きさは基板中心で 8 kA/m である。基板を約 100℃以下まで冷却した後、保護膜 18 であるカーボン形成し、パーフルオロアルキルポリテール系の材料をフルオルカーボン材で希釈した潤滑材を塗布し、表面にバニッシュをかけて本実施例である垂直記録媒体 10 を作製した。

## 【0035】

上記本実施例の媒体を作成する製膜装置の概略図を図 13 に示す。熱処理機構は軟磁性層を形成した後と、記録層を形成した後 2 つ備えており、冷却機構は 2 回目の熱処理の後（保護膜層を形成する前）に備えられている。従来の比較例

として図17に示す磁区制御された軟磁性下地層（単層構造）を有する媒体170を実施例と同じ成膜条件で作製した。比較例の媒体170の層構成は、基板171からプリコート層172、磁区制御層173、軟磁性下地層174、中間層175、記録層176、保護層177である。

#### 【0036】

本実施例の媒体10の磁気特性を評価するため、ディスク基板から6mm角に切り出した試料を用い、振動試料型磁力計（VSM）により磁化曲線を測定した。その例を図3に示す。NiFe膜厚は各々100nmである。基板円周方向に磁界を印加して測定した磁化曲線は磁化がほぼ直線的に変化し、磁化のシフトは見られない。

#### 【0037】

一方、基板半径方向に磁界を印加して測定した磁化曲線は、保磁力が小さく磁界方向にシフトしている。本実施例の第1軟磁性層と反強磁性層との交換バイアス磁界を $H_{ex1}$ 、第2軟磁性層と反強磁性層との交換バイアス磁界を $H_{ex2}$ とすると、 $H_{ex2} > H_{ex1}$ である。

#### 【0038】

図4にNiFe膜厚を変えた場合の、交換バイアス磁界 $H_{ex}$ 及び保磁力 $H_c$ とNiFe膜厚との関係を示す。ここで第1及び第2の軟磁性層膜厚比 $d_1/d_2$ は1としている。NiFe膜厚が薄くなるほど $H_{ex1}$ 及び $H_{ex2}$ は増加する。いずれの膜厚でも $H_{ex2} > H_{ex1}$ であり、磁化曲線は2段ループを示す。一方 $H_c$ は、 $H_{c1}$ 及び $H_{c2}$ いずれもNiFe膜厚が150nmで極小を示し、膜厚が薄くなるとともに増加する。

#### 【0039】

図5に反強磁性層22であるMnIrの膜厚と $H_{ex}$ 、 $H_c$ の関係を示す。第1及び第2軟磁性層の膜厚は50nmとした。 $H_{ex}$ はMnIr膜厚が10nm付近で極大を示し、それ以上の膜厚でゆっくり減少する。一方、 $H_c$ はMnIr膜厚の増加とともに緩やかに増大し、40nm以上に厚くなると急激に増大する。これらのことから、高 $H_{ex}$ 、低 $H_c$ を両立するためにはNiFe膜厚は25nm以上、150nm以下、MnIr膜厚は5nm以上、40nm以下とするこ



とが望ましい。

#### 【0040】

次に本実施例の媒体10と比較例の媒体110のスパイクノイズをスピンスランドとデジタルオシロスコープを用いて、ディスク半径16-28mmの範囲を100 $\mu$ mピッチで評価した。本実施例の媒体Aとして第1及び第2軟磁性層(NiFe)の膜厚が100nmでMnIr膜厚が10nm、媒体BとしてNiFe膜厚が各々200nmでMnIr膜厚が10nm、媒体CとしてNiFe膜厚が各々100nmでMnIr膜厚が40nmと変化させた媒体を、比較例の媒体DとしてNiFe膜厚を200nmでMnIr膜厚が10nmとした媒体を用意した。

#### 【0041】

図6に示すように、比較例の媒体Dは全面にわたり点状のようなスパイクノイズが観測されたが、本実施例の媒体Bでは同じ膜厚であるにもかかわらず、スパイクノイズが大幅に抑制されていることが分かった。さらに膜厚を薄くした媒体Aでは、スパイクノイズは殆ど観測されなかった。しかしながらMnIr膜厚を厚くした媒体Cは、逆にスパイクノイズの増加がみられた。

#### 【0042】

これらのことから、本発明の層構造を用いて、軟磁性層及び反強磁性層の膜厚を規定することによって大幅にスパイクノイズを抑制することが可能となる。なお、本実施例では磁区制御層として、反強磁性層の両側に強磁性層であるCoFeを設けた(表1の構成④)が、どちらか一方(②、③)、或いは強磁性層がない(①)場合でも同様な結果が得られた。

#### 【0043】

##### (実施例2)

実施例1の垂直記録媒体と同様な層構成で、第1軟磁性層13及び第2軟磁性層15が非晶質合金からなる媒体10を作製した。本実施例では、磁区制御層14は図7に示すように、基板側から軟磁性配向層71、第1の強磁性層72、反強磁性層73、第2強磁性層74で構成されている。表3に各層の作製に用いたターゲット組成とArガス圧、及び膜厚を示す。比較例として、図17に示す媒

体 170 を実施例と同じ成膜条件で作製した。

【0044】

【表 3】

表 3

	ターゲット組成	Ar ガス圧(Pa)	膜厚(nm)
プリコート層 12	Ni <sub>52.5</sub> Ta <sub>37.5</sub> Zr <sub>10</sub>	1	30
第 1 軟磁性層 13	Co <sub>92</sub> Ta <sub>3</sub> Zr <sub>5</sub>	0.5	20-150
軟磁性配向層 71	Ni <sub>81</sub> Fe <sub>19</sub>	0.5	5
第 1 強磁性層 72	Co <sub>70</sub> Fe <sub>30</sub>	0.5	2.5
反強磁性層 73	Mn <sub>80</sub> Ir <sub>20</sub>	1	10
第 2 強磁性層 74	Co <sub>70</sub> Fe <sub>30</sub>	0.5	5
第 2 軟磁性層 15	Co <sub>92</sub> Ta <sub>3</sub> Zr <sub>5</sub>	0.5	50-150
中間層 16	Ni <sub>52.5</sub> Ta <sub>37.5</sub> Zr <sub>10</sub>	1	5
記録層 17	CoCr <sub>17</sub> Pt <sub>14</sub> B <sub>4</sub>	1	20
保護層 18	Carbon	1	5

本実施例の媒体と記録用にトラック幅が  $0.25\ \mu\text{m}$  の単磁極ヘッド、再生用にトラック幅が  $0.23\ \mu\text{m}$ 、シールド間隔が  $80\ \text{nm}$  の GMR ヘッドを用いて、浮上量  $10\ \text{nm}$  の条件で近隣消去評価を行った。測定条件は中心トラック  $100\ \text{kFCI}$ 、隣接トラック  $600\ \text{kFCI}$  である。図 8 に本実施例の媒体 10 と比較例の媒体 170 を用いて、書き込み回数  $130$  回の時の、隣接トラックまでの距離と再生出力の減少率の関係を示す。

【0045】

本実施例の媒体 E として第 1 及び第 2 軟磁性層 (CoTaZr) の膜厚をそれぞれ  $100\ \text{nm}$ 、比較例の媒体 F として軟磁性層 CoTaZr 膜厚を  $200\ \text{nm}$  とした媒体を用意した。従来の媒体 F では、広い範囲にわたって出力の低下が見られたが、本発明の媒体 E では  $1\sim 2\ \mu\text{m}$  の範囲でわずかに低下が見られただけで、隣接トラックの消去が改善されていることがわかる。図 9 は第 1 軟磁性層の膜厚  $d_1$  と第 2 軟磁性層の膜厚  $d_2$  との膜厚比を変えた媒体について、中心トラックの中心から  $1\ \mu\text{m}$  離れた場所で書き込み動作を  $1000$  回行ったときの再生出力の減少率と、膜厚比  $d_1/d_2$  との関係を示す。

## 【0046】

減少率を5%以下に抑えるためには、第1及び第2の軟磁性膜の膜厚比は0.3以上、1.5以下が望ましいことがわかる。また、上記膜厚比が0.3～1.5の媒体において、スパイクノイズを測定したところ、いずれの媒体でもスパイクノイズは抑制されていることが確認できた。

## 【0047】

次に本実施例の媒体Eと比較例の媒体Fを用いて、図10に示すように媒体上部にコイルを近づけ、コイルに電流を流すことによって媒体に垂直に磁界を印加し、外部浮遊磁界に対し再生出力の減少率を調べた。図11は規格化された再生出力と外部浮遊磁界との関係を示す。

## 【0048】

出力が10%低下する外部浮遊磁界は、従来の媒体Fが2.4 kA/mに対し、本実施例の媒体Eでは3.5 kA/mとなり、外部磁界耐性が向上していることが分かる。なお、本実施例では磁区制御層14として、反強磁性層の両側に強磁性層であるCoFeを設けた(表1の構成⑧)が、どちらか一方(⑥、⑦)、或いは強磁性層がない(⑤)場合でも同様な結果が得られた。

## 【0049】

(実施例3)

実施例1の垂直記録媒体と同様な層構成で、第1軟磁性層13が結晶質合金からなり、第2軟磁性層15が非晶質合金からなる媒体を作製した。本実施例では、磁区制御層は図12に示すように、基板側から、強磁性層121、反強磁性層122で構成されている。表4に各層の作製に用いたターゲット組成とArガス圧、及び膜厚を示す。

## 【0050】

【表 4】

表 4

	ターゲット組成	Ar ガス圧(Pa)	膜厚(nm)
プリコート層 12	Ni <sub>52.5</sub> Ta <sub>37.5</sub> Zr <sub>10</sub>	1	30
第 1 軟磁性層 13	Ni <sub>46</sub> Fe <sub>54</sub>	0.5	100
強磁性層 121	Co <sub>70</sub> Fe <sub>30</sub>	0.5	5
反強磁性層 122	Mn <sub>80</sub> Ir <sub>20</sub>	1	10
第 2 軟磁性層 15	Fe <sub>52</sub> Co <sub>28</sub> B <sub>20</sub>	0.5	90
中間層 16	Ru	1	20
記録層 17	CoCr <sub>13</sub> Pt <sub>14</sub> -SiO <sub>2</sub>	1	20
保護層 18	Carbon	1	5

基板上にプリコート層 12 である NiTaZr、第 1 軟磁性層 13 である NiFe、第 1 強磁性層 121 である CoFe、反強磁性層 122 である MnIr、第 2 軟磁性層 15 である FeCoB を順に形成し、軟磁性下地層を形成した後、ランプヒーターにより基板加熱を行った。

## 【0051】

この時の基板温度は約 200℃であった。次に磁場中冷却を施して基板を約 60℃以下まで冷却した後、中間層 16 である Ru、記録層 17 である CoCrPt-SiO<sub>2</sub> を形成した。冷却時の磁界の大きさは基板中心で 8 kA/m である。さらに基板冷却を施して保護膜 18 であるカーボンを形成し、パーフルオロアルキルポリテール系の材料をフルオルカーボン材で希釈した潤滑材を塗布し、表面にバニユッシュをかけて本実施例である垂直記録媒体 10 を作製した。

## 【0052】

上記本実施例の媒体を作成する製膜装置の概略図を図 14 に示す。本装置は軟磁性層を形成した後に、熱処理機構と冷却機構を備えている。本実施例では記録層の形成後にさらに基板冷却を施しているが、この工程は必ずしも必要ではない。

## 【0053】

本実施例の媒体 10 を用いて、スパイクノイズ評価を行った結果、スパイクノ

イズは殆ど観測されなかった。さらに本実施例の媒体10と記録用にトラック幅が $0.22\mu\text{m}$ の単磁極ヘッド、再生用にトラック幅が $0.2\mu\text{m}$ 、シールド間隔が $80\text{nm}$ のGMRヘッドを用いて、浮上量 $8\text{nm}$ の条件でエラーレート評価を行った。 $7.75\text{Gb/cm}^2$ の条件で $10^{-6}$ のエラーレート値が得られた。

#### 【0054】

##### (実施例4)

本発明による磁気記録装置を図15に説明する。この装置は、垂直磁気記録媒体151と、これを回転駆動する駆動部152と、磁気ヘッド153及びその駆動手段154と、前記磁気ヘッドの記録再生信号処理手段155を有してなる周知の機構を持つ磁気記録再生装置である。前記磁気ヘッドは磁気ヘッドスライダの上に形成された記録再生分離型のヘッドである。

#### 【0055】

単磁極型の記録ヘッドのトラック幅は $0.22\mu\text{m}$ 、再生用のGMRヘッドのシールド間隔は $80\text{nm}$ 、トラック幅は $0.2\mu\text{m}$ である。実施例3の媒体10を、上記磁気記録装置に組み込んで、ヘッド浮上量 $8\text{nm}$ 、線記録密度 $674\text{kBPI}$ 、トラック密度 $89\text{kTPI}$ の条件で記録再生特性を評価したところ、 $10^{\circ}\text{C}$ から $50^{\circ}\text{C}$ の温度範囲において、 $9.3\text{Gb/cm}^2$ の面記録密度を記録再生特性の仕様を十分満たした。

#### 【0056】

##### 【発明の効果】

本発明により、1平方センチあたり $7.75$ ギガビット以上の記録密度でエラーレートの低い、信頼性に優れた磁気記録装置が実現できる。

##### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

本発明の一実施例の垂直磁気記録媒体の層構成を示す図。

##### 【図2】

磁区制御層の層構成を示す図。

##### 【図3】

本発明の軟磁性下地層の磁化曲線。

【図 4】

交換バイアス磁界および保磁力と  $\text{NiFe}$  膜厚との関係を示す図。

【図 5】

交換バイアス磁界および保磁力と  $\text{MnIr}$  膜厚との関係を示す図。

【図 6】

スパイクノイズ分布を示す図。

【図 7】

磁区制御層の層構成を示す図。

【図 8】

隣接トラックの位置と再生出力の減少率との関係を示す図。

【図 9】

再生出力の減少率と膜厚比との関係を示す図。

【図 10】

外部浮遊磁界耐性の評価方法の概略図。

【図 11】

外部浮遊磁界と再生出力との関係を示す図。

【図 12】

磁区制御層の層構成を示す図。

【図 13】

本発明の一実施例の垂直磁気記録媒体を形成する製膜装置の概略図。

【図 14】

本発明の一実施例の垂直磁気記録媒体を形成する製膜装置の概略図。

【図 15】

本発明の一実施例の磁気記録装置の模式図。

【図 16】

本発明の軟磁性下地層の半径方向の磁化曲線。

【図 17】

従来の垂直磁気記録媒体の層構成を示す図。

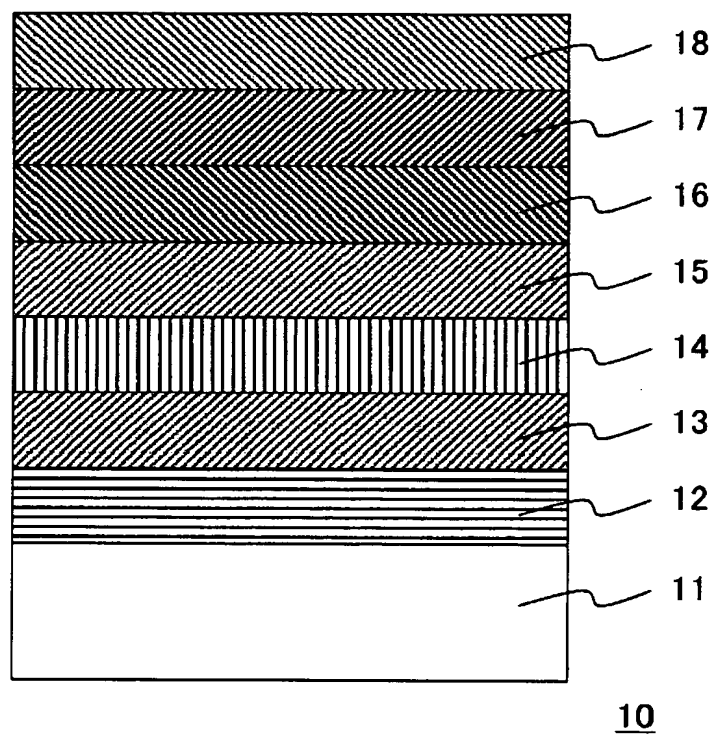
**【符号の説明】**

11、171…基板、12、172…プリコート層、13、174…第1の軟磁性層、14、173…磁区制御層、15…第2の軟磁性層、16、175…中間層、17、176…記録層、18、177…保護層、21、72、121…第1の強磁性層、22、73、122…反強磁性層、23、74…第2の強磁性層、71…軟磁性配向層、10、151、170…垂直磁気記録媒体、152…磁気記録媒体駆動部、153…磁気ヘッド、154…磁気ヘッド駆動部、155…記録再生処理系。

【書類名】 図面

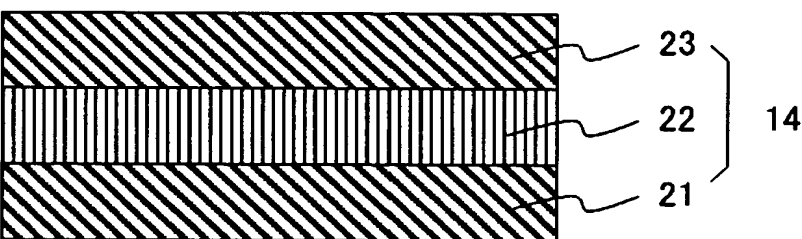
【図 1】

図 1



【図 2】

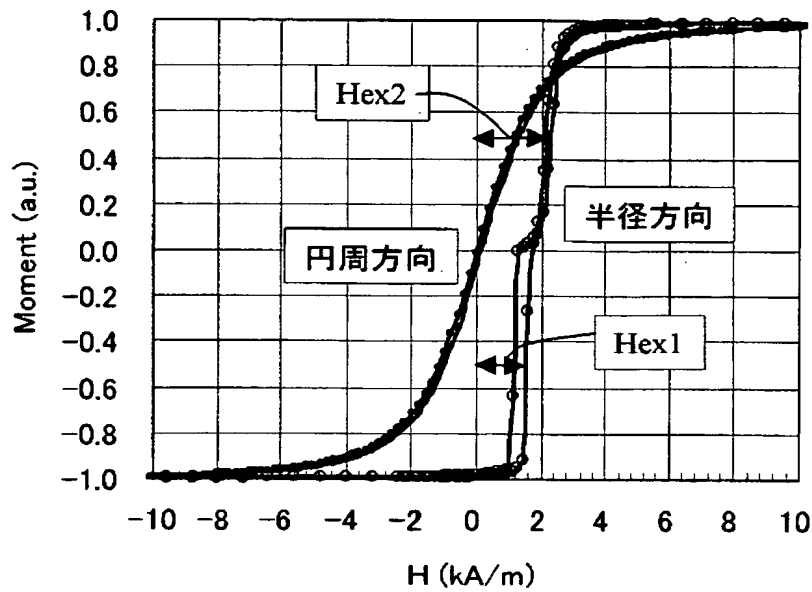
図 2





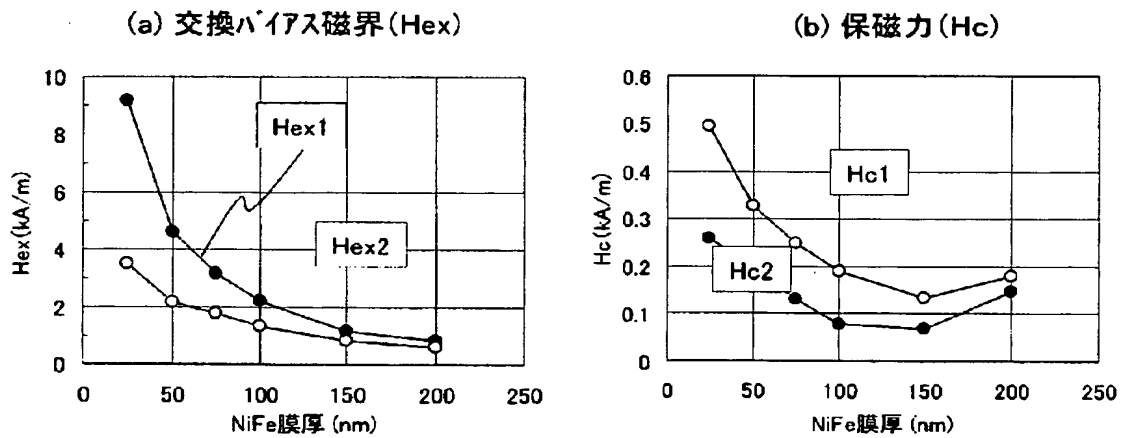
【図 3】

図3



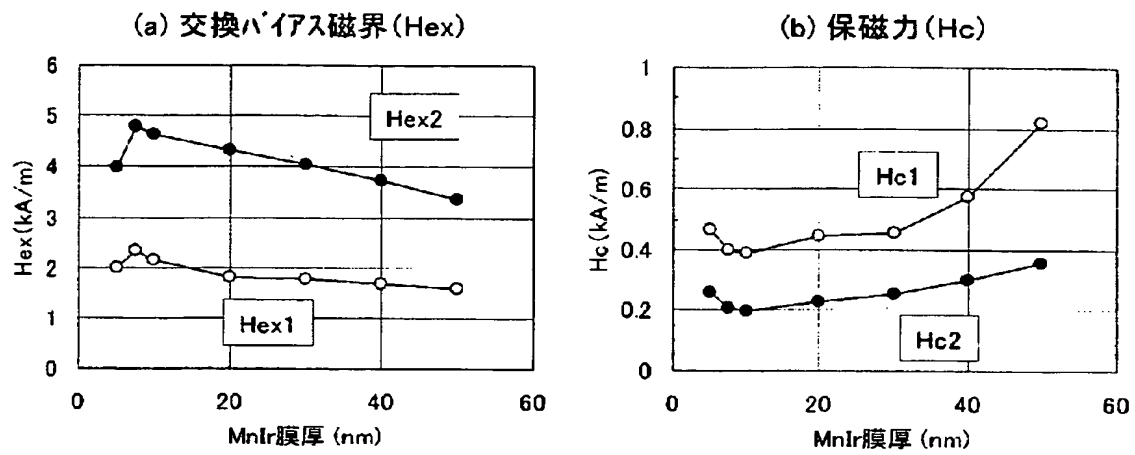
【図 4】

図4



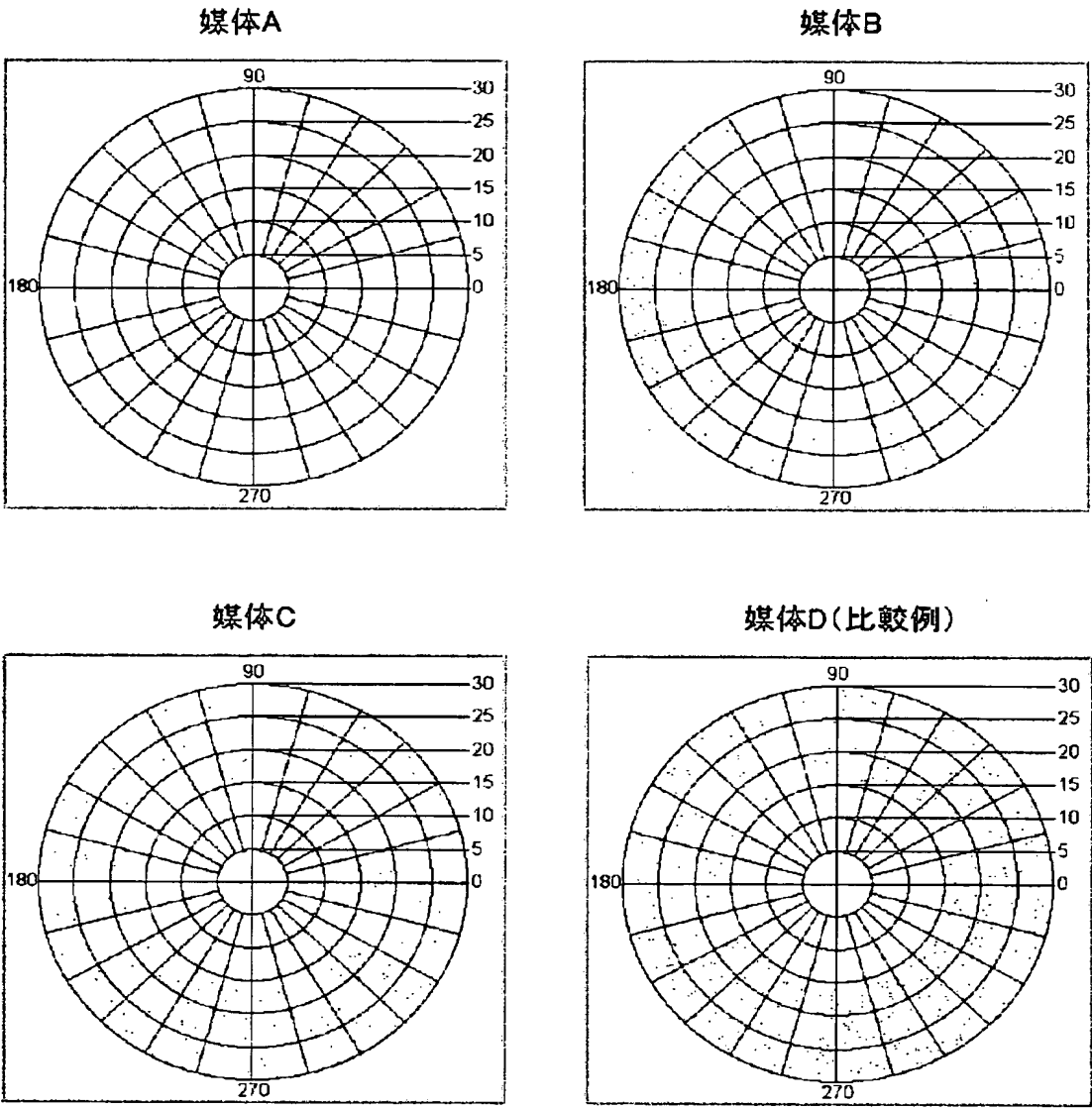
【図 5】

図5



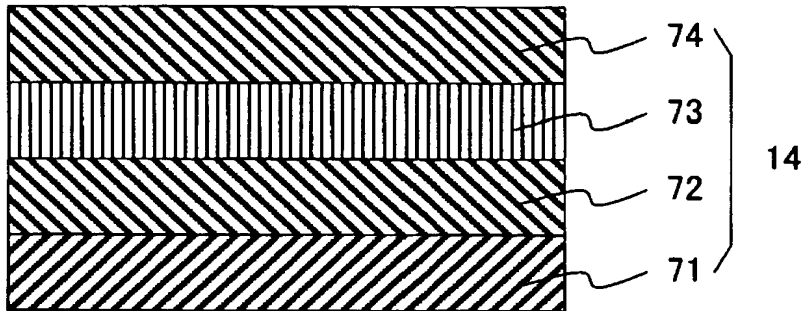
【図 6】

図6



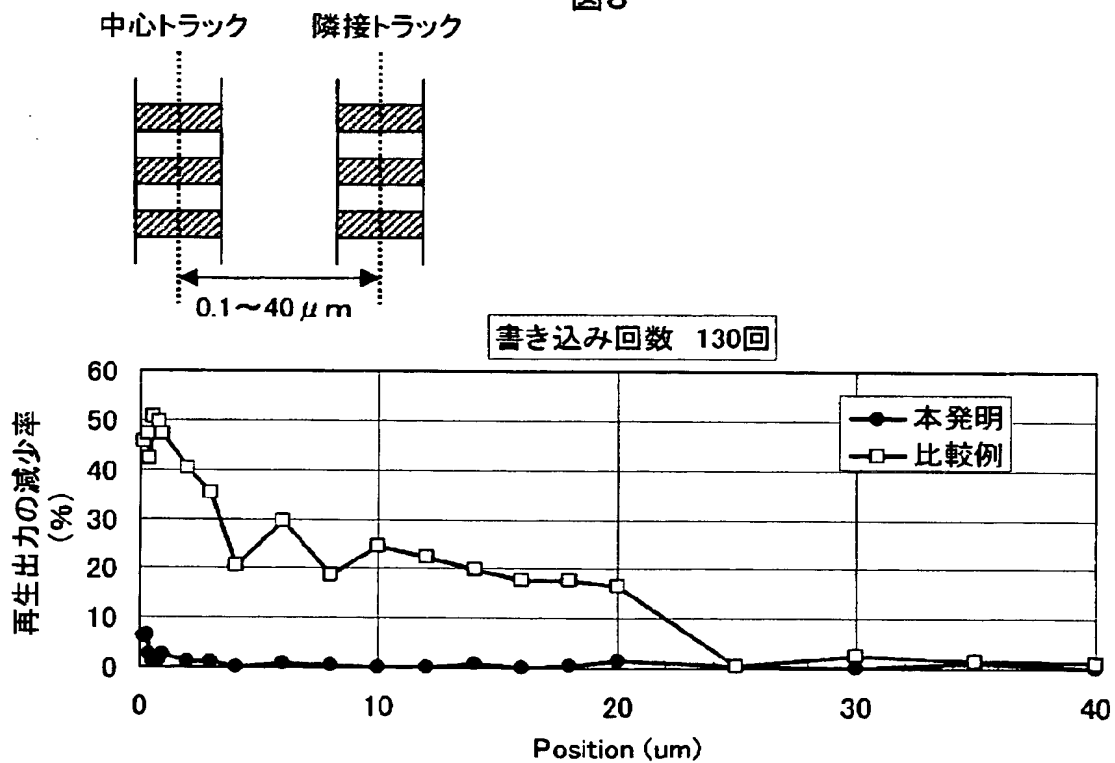
【図 7】

図 7

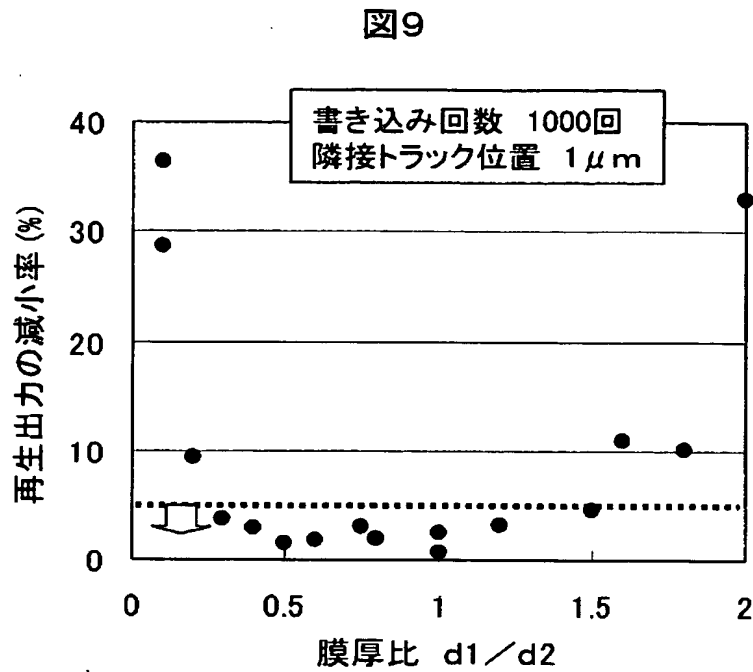


【図 8】

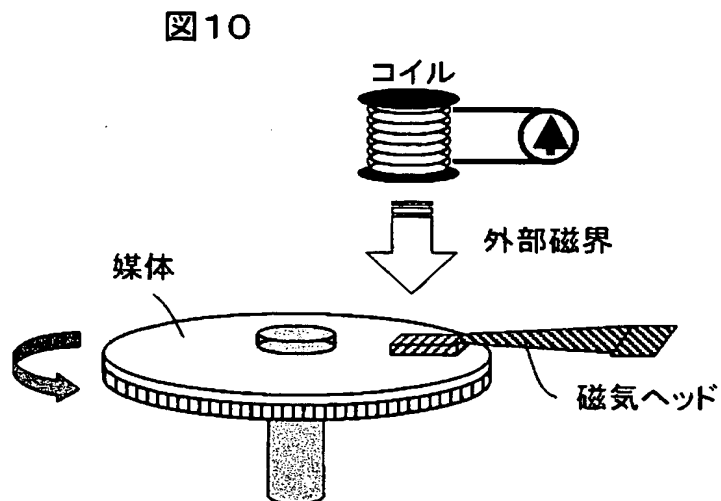
図 8



【図 9】

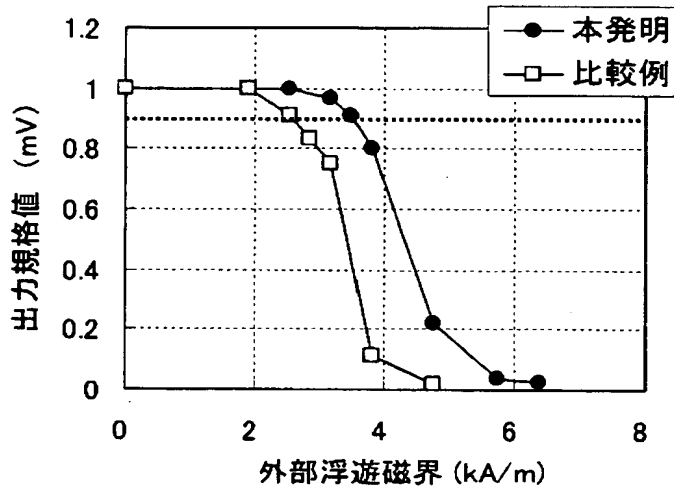


【図 10】



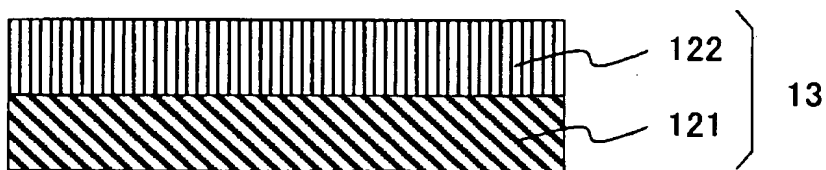
【図 11】

図 11



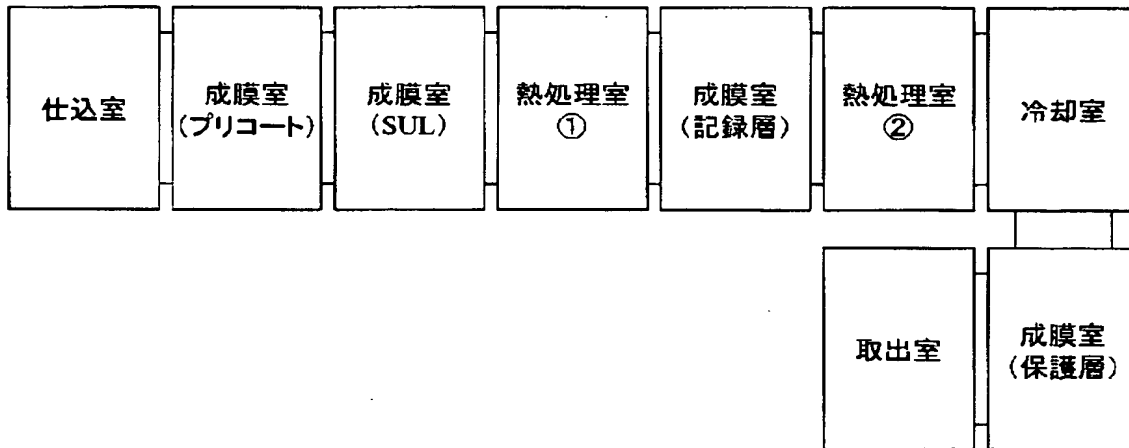
【図 12】

図 12



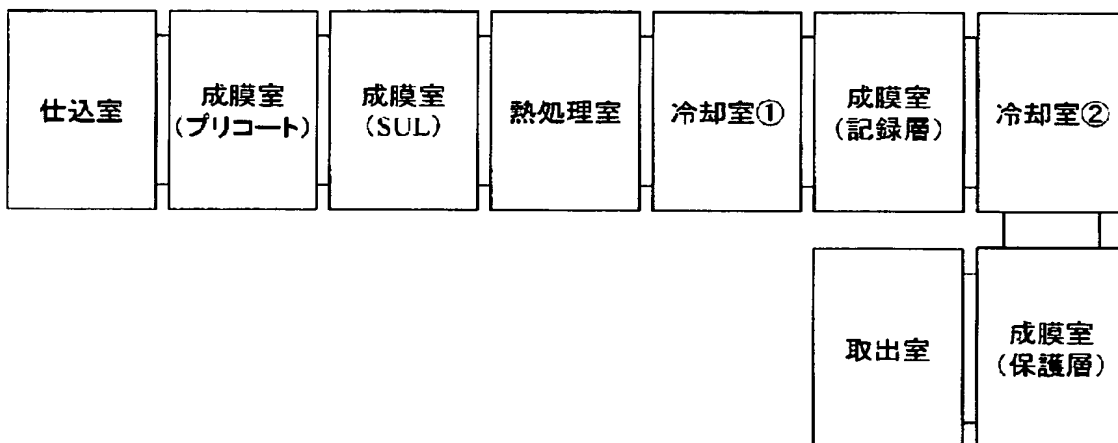
【図 13】

図13

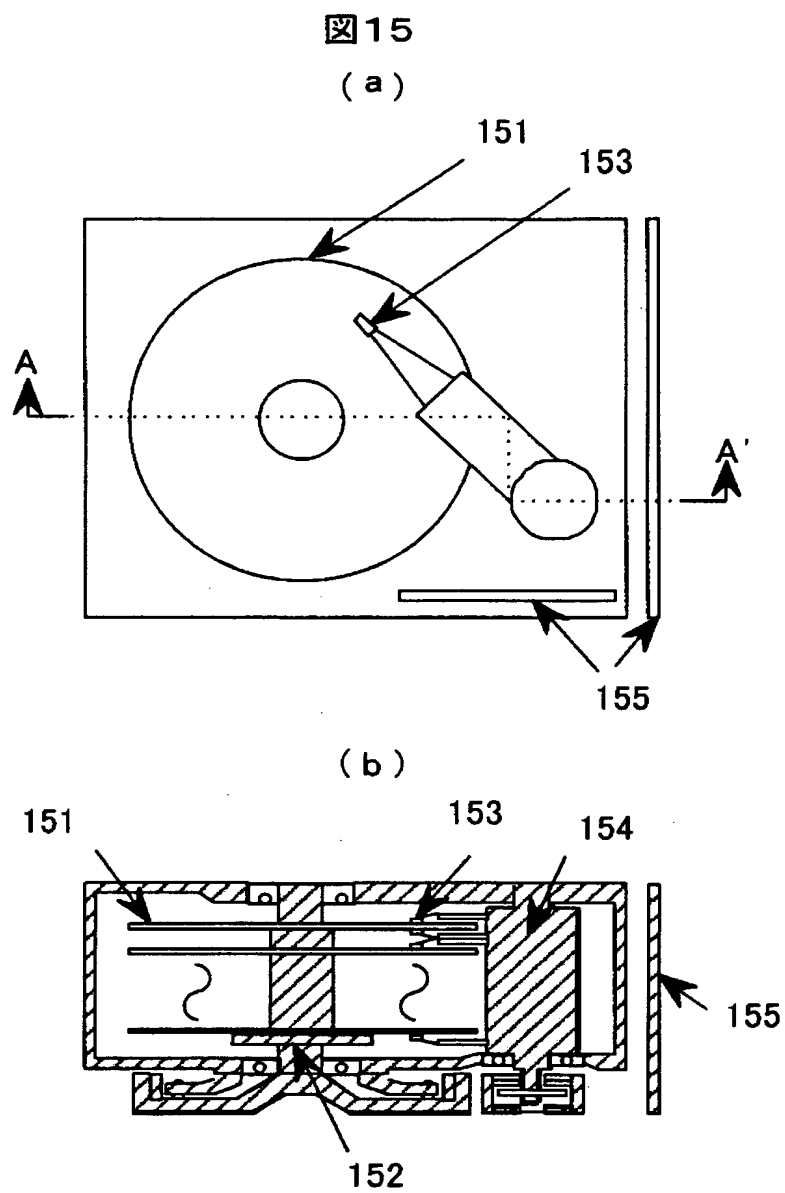


【図 14】

図14

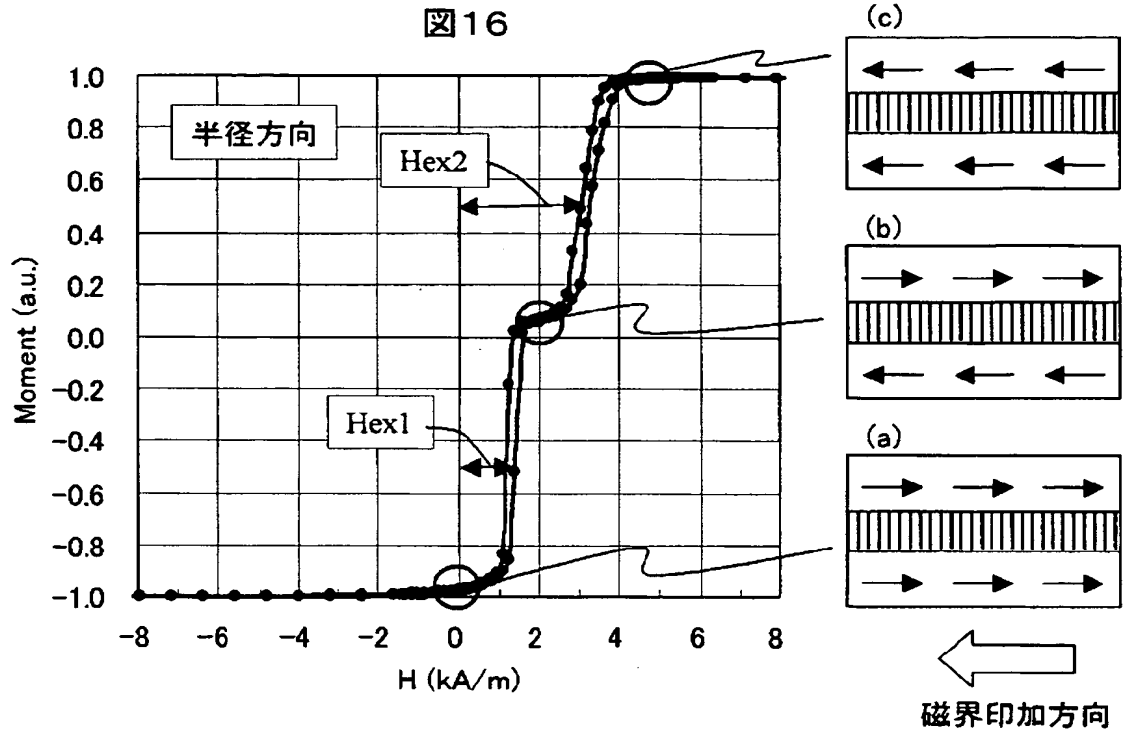


【図 15】

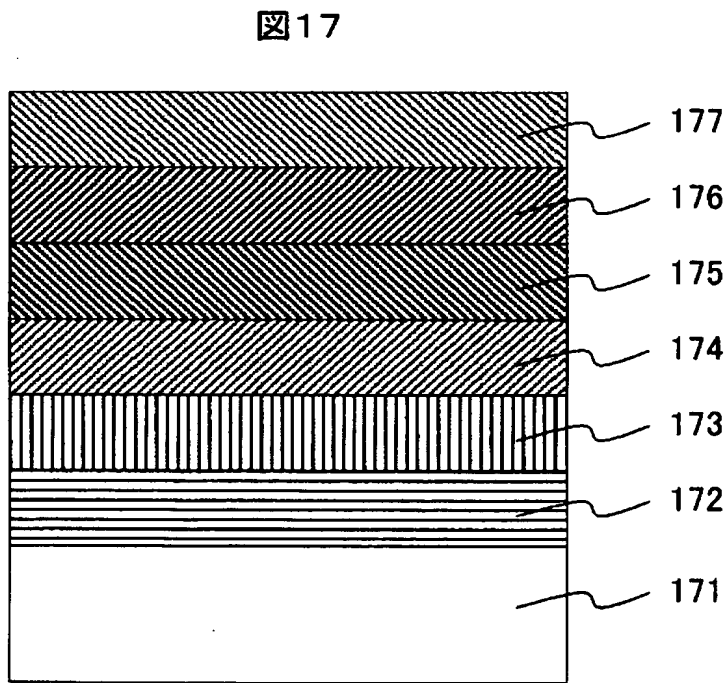




【図 16】



【図 17】



170

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 再生出力の変動、記録層の磁化の減磁や消磁の発生を防止した、1平方センチあたり7.75ギガビット以上の記録密度で高記憶記録装置を提供する。

【解決手段】 磁気ディスク基板に上に軟磁性下地層、垂直記録層を順次積層し、軟磁性下地層は反強磁性層を含む磁区制御層が第1及び第2の二つの軟磁性層の間に配置された三層構造とし、前記第1及び第2の軟磁性層の膜厚をそれぞれ $d_1$ 、 $d_2$ とした時、 $d_1$ 及び $d_2$ がいずれも25nm以上、150nm以下で、且つ $d_1/d_2$ を0.3以上1.5以下とすることで、垂直磁気記録媒体の軟磁性下地層の磁区を制御し磁壁移動を抑制することができる。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 1 4 4 2 6 0
受付番号	5 0 3 0 0 8 4 7 6 9 8
書類名	特許願
担当官	第八担当上席 0 0 9 7
作成日	平成 1 5 年 5 月 2 3 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】 平成15年 5月22日

次頁無

特願 2 0 0 3 - 1 4 4 2 6 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 5 1 0 8 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 1 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区神田駿河台 4 丁目 6 番地

氏 名

株式会社日立製作所